

PUNTO DE REALIDAD AUMENTADA: PROYECTO PATRAC, SUBPROYECTO 3

MARAMBIO CASTILLO, Alejandro¹, CORSO SARMIENTO, Juan, LUCENA SALAS, Jennifer, ROCA CALDERA, Josep

¹ Centro de Políticas del Suelo y Valoraciones. Universidad Politécnica de Cataluña. Diagonal, 649, nivel -1, 08028, Barcelona, España. alejandro.marambio@upc.edu.

² Cargo, Nombre de la empresa, dependencia o universidad, ciudad y país, correo electrónico.

Resumen: Esta contribución presenta una aproximación a la aplicación desarrollada dentro del subproyecto 3: Entornos inteligentes y sistemas de control de patrimonio del proyecto PATRAC¹, en el que se describe la metodología de trabajo desarrollada desde el levantamiento con escáner láser terrestre del Museo Marítimo de Barcelona, la creación del modelo 3d, y la incorporación de aplicaciones de realidad virtual y aumentada para la mejora de la accesibilidad y la experiencia museística de un usuario en silla de ruedas.

Se exploran tres formas innovadoras de accesibilidad a través de: panoramas de alta resolución, realidad virtual y etiquetas inteligentes a través de realidad aumentada. En este trabajo se exponen dos procesos, uno: la construcción de un modelo 3d con alta precisión mediante el uso del escáner láser terrestre y su modelado en 3d, y dos: la aplicación de realidad virtual y su interacción con dispositivos físicos. Finalmente se concluye sobre las diversas aplicaciones y conceptos de interacción planteados, para el uso de esta tecnología en usuarios con movilidad reducida.

Abstract: This contribution presents an approach to the application developed within the subproject 3 "Intelligent Environments and control systems" of the PATRAC project, which describes the workflow developed from terrestrial laser scanner survey of the Maritime Museum of Barcelona, 3d model creation, and incorporation of virtual and augmented reality to improve accessibility and user experience of a museum in a wheelchair.

The project proposes three innovative ways to access information: high-resolution panoramas as 2.5D, virtual reality as 3D information and smart tags through augmented reality.

In this paper two processes are described, one is the construction of a high accuracy 3d model created from terrestrial laser scanner data and its theoretical modeling, and two: the application of virtual reality and its interaction with physical devices. Finally conclusions on the various applications and interaction concepts raised are discussed, for the use of this technology to users with disabilities.

Palabras Clave: patrimonio cultural, accesibilidad, escáner láser.

Key words: cultural heritage, accessibility, laser scanner.

¹ Patrimonio accesible: I+D+i para una cultura sin barreras (PATRAC), proyecto singular y estratégico del Ministerio de Educación y Ciencia, bajo el número de expediente PSE-380000-2007 finalizando su segunda anualidad con el número de expediente PSE-39-80000-2008.



1. Introducción

En el año 2007 se inició el Proyecto Singular y Estratégico del Ministerio de Educación y Ciencia, Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras - PATRAC, con la participación de 2 empresas, 2 centros tecnológicos, 1 fundación, 3 pymes y 3 universidades. Es un proyecto de investigación, basado en el desarrollo de estrategias y metodologías para facilitar el acceso, observación y captación de contenidos del patrimonio cultural español que permita el disfrute de dicho patrimonio por medio de distintos tipos de información, ya sea esta visual, acústica, física, etc., tomando en cuenta la diversidad de los posibles visitantes, de manera que el sistema ofrezca alternativas para usuarios que por una discapacidad no tenga posibilidad de acceso a una parte o la totalidad del patrimonio. Este sistema debe adaptarse a las necesidades de los usuarios, a los que se les provee de información a través de interfaces avanzados, servicios de guiado y localización, de manera adaptada.

El proyecto considera el patrimonio cultural como el conjunto de bienes muebles e inmuebles de carácter histórico-artístico que tienen un valor excepcional desde el punto de vista histórico, artístico o científico, sean estos monumentos, edificios o paisajes; que dan a conocer y comprender una cultura, y el concepto de accesibilidad universal como el nivel en donde todos los individuos tienen la posibilidad, indistintamente de sus capacidades cognitivas o físicas, de visitar un lugar, acceder a un servicio o utilizar un objeto. Para salvar las dificultades de la accesibilidad se utilizan diversos elementos que permiten superar los obstáculos del entorno, consiguiendo que las personas con movilidad reducida realicen la misma acción que puede hacer una persona que no la tiene.

El proyecto PATRAC se encuentra estructurado en siete subproyectos: cuatro de ellos de investigación (SP1, SP2, SP3 y SP4), uno de explotación (SP5), uno de difusión y formación (SP6), y otro de gestión (SP7). Dentro de los subproyectos de investigación, específicamente en el SP3, Entornos Inteligentes y sistemas de control de patrimonio, se plantea como objetivo el diseño de un sistema de inteligencia ambiental para la creación de entornos accesibles en el patrimonio.

El Museo Marítimo de Barcelona se seleccionó como caso de estudio para el desarrollo y prueba de éste sistema por su gran complejidad espacial y su escala arquitectónica. Es un museo que continuamente realiza actividades para la mejora de la accesibilidad en sus instalaciones y facilita el acceso de sus contenidos a usuarios con necesidades especiales.

La prueba del aplicativo se divide en tres módulos:

El primero se desarrolla a lo largo de un recorrido específico en el cual se identifican diversos puntos de interés: modelos de barcos, esculturas, pinturas, etc. Mediante tarjetas RFID se dan servicios de localización de manera precisa dentro del entorno, de forma que la información mostrada se haga de forma contextualizada con respecto a la posición del usuario sobre un ultramóvil PC táctil montado en una silla de ruedas. Estos servicios pueden ser locales o remotos. Los primeros proporcionan información local al entorno patrimonial y los segundos proporcionan información relacionada con el entorno pero localizada de forma remota por medio de un servidor web.

El segundo módulo permite al usuario controlar elementos mecánicos (puertas, ascensores, etc.) a través del mismo dispositivo con el servidor web via WiFi.

El último módulo, sobre el que se centra este trabajo, el de realidad virtual y aumentada, permite que usuarios con diferentes preferencias y discapacidades disfruten de los mismos servicios. Se encuentra ubicado sobre una de las zonas más representativas del Museo Marítimo de Barcelona que corresponde a la Nave Principal y en donde se encuentra una espectacular reproducción de La Galera Real de Juan

de Austria que tiene 60m. de eslora por 6,2m. de manga. Este módulo está compuesto por un portátil de alto rendimiento, unas gafas que hacen de monitores, un sensor y una cámara web.

En la aplicación se observa el modelo 3d de alta precisión y la interactividad del mismo en tiempo real con diferentes tareas que exploran tres experiencias en la mejora de la accesibilidad de forma digital:

- Visualización de panoramas de alta resolución
- Visualización de reproducciones teóricas con Realidad Virtual
- Visualización de etiquetas inteligentes con Realidad Aumentada

A continuación se describe la complejidad de la construcción del modelo virtual para poder ser visualizado en tiempo real en este módulo, reduciendo al mínimo; el número de polígonos, el tamaño en bytes del archivo y el número de texturas. Finalmente se desarrolla la construcción del modelo 3D en el motor gráfico y su interacción con el hardware para completar el módulo, para cada una de las aplicaciones anteriormente descritas.

2. Modelo preciso

La elaboración de un modelo 3d válido para una aplicación en tiempo real no es una tarea sencilla. Es necesario que el modelo cumpla con una serie de requisitos para su correcta visualización y manipulación en la aplicación.

El primero requisito se refiere a la precisión del modelo, ya que este se combinará con la realidad (por medio de la realidad aumentada), haciendo coincidir la información virtual con la que se visualiza en los trayectos predeterminados, sin dejar margen al error métrico dada la superposición de la información real y la virtual.

El segundo requisito parte de las limitaciones del sistema en que correrá la aplicación, refiriéndose al procesamiento y la interacción con otras aplicaciones, teniendo también en cuenta el tamaño y gestión de los archivos complementarios, como son las texturas, permitiendo si su caso lo requiere ejecutar el demostrador desde un móvil, dada su portabilidad y los alcances tecnológicos que permiten en la actualidad.

El museo marítimo es un edificio que presenta un gran tamaño y complejidad, el uso del escáner láser terrestre (TLS) se presenta como la única herramienta para realizar un levantamiento preciso en tiempos razonables para la generación de planos, alzados y secciones para la construcción de un modelo teórico.

Actualmente, el escáner láser terrestre se utiliza para la creación de modelos 3D de objetos históricos; reproduciendo la realidad directamente como puntos espaciales con alta densidad, en tiempo real y en un entorno digital, suministrando información métrica y radiométrica.

La tecnología del escáner láser terrestre ha permitido desarrollar y elaborar dos componentes importantes de los contenidos en el módulo de realidad virtual y aumentada:

- Elaboración del modelo 3d: que permitirá interacción de diferentes escenarios y complementar la realidad.
- Elaboración del modelo 3d interactivo: que a través de la realidad virtual (sistema tecnológico donde se utilizan ordenadores con otros dispositivos para reproducir el aspecto de la realidad) y la realidad aumentada (sistema tecnológico que combina elementos visuales reales con virtuales para la creación de realidad mixta en tiempo real) pretende, por medio de gafas que posee una cámara de video y del software Quest 3d, hacer que la experiencia y la interacción del usuario con el entorno del Museo Marítimo de Barcelona sea atractiva, clara y accesible.

A partir de aquí se realizarán diversas pruebas para la validación del uso del sistema desde un punto de vista dinámico. Para ello seleccionará a diferentes usuarios potenciales, generando una serie de tareas a realizar en la aplicación, monitorizando el proceso de aprendizaje desde de la complejidad del sistema y de la adaptación de la respuesta motora de los usuarios. Paralelamente, se valorará la accesibilidad de las aplicaciones desarrolladas.

2.1 Modelo 3D de puntos: escáner laser terrestre

El Museo Marítimo de Barcelona con un área total de 34.295m² se documentó con un escáner láser terrestre RIEGL z420i2 y un cámara réflex digital Nikon D100 de forma intensiva, donde se realizaron 507 posiciones en 20 días, obteniendo una modelo final de 782.542.182 puntos (XYZ+i+RGB3). En este proceso uno de los mayores problemas fue el de minimizar las ocultaciones de un edificio de características complejas y elementos museísticos que obstruían el alcance del escáner.

Para este modelo de puntos se precisó una metodología⁴ que comprendiera dos modelos, uno de baja resolución de puntos con un ángulo de 0.2°, en panoramas de 360°x80°, que permitieron el control de la unión entre posiciones distantes, cerrando la nube de puntos de las fachadas exteriores del museo con las naves del interior, en un modelo manipulable completo, con errores fácilmente identificables en la alineación entre posiciones. Complementario a este modelo de nubes de puntos, se generó otro de mayor densidad de puntos, con posiciones con un ángulo de escaneo de 0.08°, en panoramas sectorizados, usualmente de 90°x80° o menores, alineados a la nube de baja resolución, con el objetivo de restringir en esta segunda toma de datos el traslape de la información entre posiciones.

Con esta metodología de escaneo se reduce el ruido en el color de los puntos como se muestra en la Figura 1, al evitar cruzar información lejana con la cercana, debido a la profundidad de campo, factores ambientales y sobre todo los cambios bruscos de iluminación entre posiciones del interior del edificio, debido a las diferentes fuentes de luz existentes. Paralelamente a ello en casos específicos se utilizó la técnica de renderizado de alto rango dinámico HDR (High Dynamic Range Rendering).

Figura 1. Homogeneidad de color en el modelo de nube de puntos



Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña

Esta sectorización del proceso de escaneo permitió a su vez corregir el error generado por la diferencia de posición entre el sensor de la cámara y del escáner, evitando los elementos cercanos, ya que estos

² BOEHLER, Wolfgang: Investigating Laser Scanner Accuracy, i3mainz, Institute for Spatial Information and Surveying Technology, FH Mainz, University of Applied Sciences, Mainz, Germany, 2003.

³ Coordenadas espaciales, intensidad del material con respecto al láser, color de forma rojo, verde y azul.

⁴ ROCA, Josep y MARAMBIO, Alejandro: Modelos Digitales De Nubes De Puntos De La Habana Vieja, Cuba, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2006.

tienden a proyectarse a elementos lejanos por esta diferencia y por que la cámara toma los datos con un mayor punto de fuga que el escáner. Con ello se enfatizó la toma de datos de los elementos del edificio, como muros, arcos y techo, reduciendo al mínimo la afectación de los visitantes del museo como elementos ajenos al edificio, facilitando a su vez la eliminación de la información no deseada en las nubes de puntos.

A partir de este modelo se generaron a través de un visualizador Pointools Pro 1.7; plantas, secciones y alzados, como orto imágenes de alta resolución a escala como base para la creación del modelo 3D poligonal (Figura 2). Estas imágenes a escala 1/100 con una resolución de 100 pixeles por centímetro permiten la extracción vectorial de información.

Figura 2. Orto imagen de la nube de puntos a escala



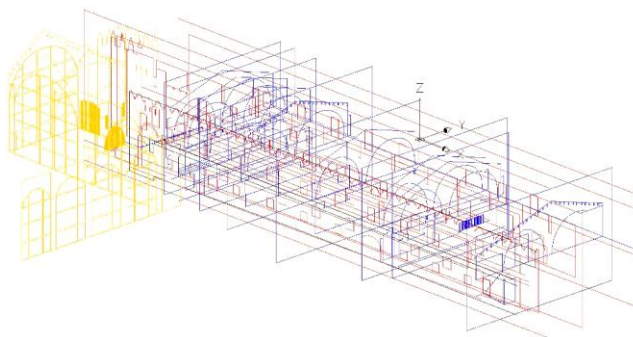
Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

Dada la complejidad del edificio, se realizaron un total de 122 secciones verticales al modelo de nube de puntos, con 97 secciones interiores y 25 fachadas, al igual que una planta independiente por espacio, techo y del conjunto del edificio, registrando la información planimétrica que permite una clara comprensión de los espacios, identificando los cambios que se producen en cada uno de los muros, arcos y componentes del edificio.

Este proceso permitió identificar tanto los elementos que no eran registrables por su altura, como las irregularidades, la relación entre espacios internos y con el exterior, en un modelo complejo pero manejable, en el que hay vacíos de información de zonas inaccesibles de interés arqueológico, que serán exploradas en futuras intervenciones, al ser de interés patrimonial, arquitectónico e histórico.

Complementario a ello se realizaron secciones vectoriales básicas, con estrictamente lo necesario para el levantamiento del modelo 3d, como son los arcos, puertas, ventanas, columnas, vigas y techos, de las diferentes secciones anteriormente explicadas como en la Figura 3 de la zona del vestíbulo y oficinas. Realizando 42 secciones del acceso - zonas administrativas, 11 de la cafetería - Nave de la Generalitat, 13 de la sala Comillas, 31 de la Nave Medieval y las 25 fachadas.

Figura 3. Secciones vectoriales del modelo



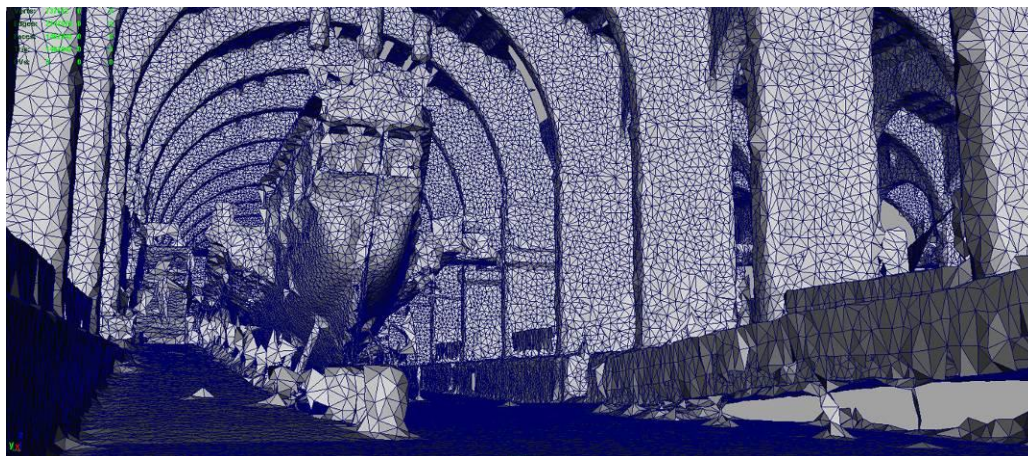
Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

Estas secciones y plantas se generaron como entidades cerradas, en cuanto a la unión de los vértices, permitiendo convertirlas posteriormente en planos, ser extruidas o unidas como mallas, en la etapa posterior de modelado.

Como elemento de unión y rectificación de las secciones tanto de imágenes detalladas, como las vectoriales interpretadas, se utilizó un modelo de malla decimado⁵ por cada uno de los espacios, permitiendo la correcta relación de las secciones internas, previamente ubicadas al interceptar las secciones longitudinales con las transversales, alineándolas con el exterior y la planta, siendo un elemento de control para la construcción de la malla con un nivel de precisión óptimo para tal objetivo.

La reducción de polígonos de la malla en la Figura 4 se realizó mediante aplicaciones industriales de la ingeniería inversa, generando un modelo poligonal de malla libre de un vértice cada 10 cm, dividido por los espacios del edificio, con un máximo de un millón de polígonos por malla, permitiendo su manipulación en programas de modelado. Con este modelo se reduce la precisión del modelo comparándolo con la nube de puntos, especialmente en las aristas, pero como este modelo es un modelo de apoyo, esta información se corrige mediante los vectores e imágenes anteriormente mencionados.

Figura 4. **Modelo decimado**



Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

2.1.1 *Modelo 3D poligonal teórico*

La precisión del modelo parte de la información base de la que se dispone, por una parte la extraída de los datos del escáner laser y por otra la documentación complementaria como imágenes aéreas, fotografías, planos vectoriales, entre otros, que cubre las zonas que no se logro escanear, para ello fue imprescindible la georreferenciación de estos datos, que al mismo tiempo permitieron otro punto de verificación del modelo.

Tomando para ello las bases cartográficas del catastro y del Instituto Cartográfico de Catalunya de su base 1:25000, con una diferencia significativa entre vectores, requiriendo de una comprobación con una base topográfica de puntos, acercando al modelo a una posición más fiable. Esta información tomó como referencia el sistema UTM 31N, ED 1950 correspondiente a Catalunya.

⁵ CIGNONI, Paolo: A comparison of Mesh Simplification Algorithms, Computer and Graphics, 22(1), 1998.

2.1.2 Construcción del modelo

Con la información base anteriormente descrita se comenzó el proceso de mallado, partiendo de un principio, el de menor número de polígonos⁶, sin considerar los elementos del edificio como elementos aislados, sino como una única superficie, interpretando las columnas y muros entre otros como parte de una única superficie, que posteriormente se seccionarían, logrando reducir el número de polígonos describiendo solo las superficies visibles, convirtiendo los espacios en volúmenes con la normal hacia el interior, para ser posteriormente extruidos, recortados o simplemente moviendo sus vértices a las posiciones en las que coincidan con la información base.

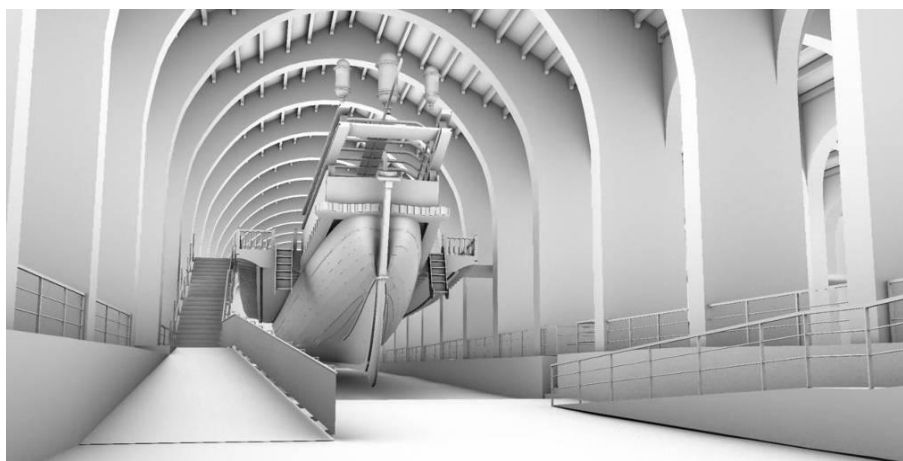
La construcción de estos volúmenes partieron de la planta vectorial, complementada con entidades cerradas de regiones, que constituían el espacio interior de cada zona a modelar, pasando a ser transformadas a planos poligonales, en el que su perímetro describe los elementos del espacio, como son las columnas y muros.

Se rectificaron las alturas de cada una de las arcadas entre columnas mediante las secciones vectoriales, realizadas en todos los arcos y columnas del modelo, que permitió la construcción de un modelo con referencia métrica precisa en puntos determinantes, siendo protagonista la malla decimada para afrontar las irregularidades del suelo y de los techos.

En un modelo donde los bordes y vértices tienen una continuidad lineal entre superficies, permitiendo que los cambios de las superficies horizontales tengan su homólogo en las superficies verticales, optimizando el proceso de modelado, que a su vez facilita el procesamiento de iluminación y visualización del modelo en la plataforma móvil.

El exterior del modelo partió también de estas entidades cerradas de planta y de fachada unidas, generando elementos de fachadas con un nivel de precisión y detalle mayor que a partir del modelado de pieza individuales, busca en todo momento un modelo organizado y fácilmente manipulable, que permite aumentar el detalle del mismo en etapas posteriores sin cambiar la estructura del proyecto, aumentando el grado de detalle de cada elemento mediante su subdivisión y modelado, alcanzando el detalle de la Figura 5.

Figura 5. Iluminación del Modelo 3d



⁶ VOSSELMAN, George MAAS, Hans-Gerd, Airborne and Terrestrial Laser Scanning, Whittles Publishing, Latvia, 2010. Pp. 182-186 ISBN 978-1904445-87-6

Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

El modelo definitivo cuenta con un total de 1.199.170 caras, de las cuales 937.132 caras son de elementos que no son parte del edificio patrimonial, pero que ayudan a entender su función actual.

2.1.3 Reorganización de la malla y los mapas de UV

Los volúmenes generados en la etapa de modelado se reorganizaron en base a las texturas aplicadas, manteniendo su zonificación por espacios, dividiéndolos en cuatro categorías, suelo, techo, muros y elementos, estas categorías a su vez corresponden a un material específico, en el que las texturas de los materiales juegan un papel trascendental, en la organización del modelo, ya que dependiendo si son texturas repetitivas, imágenes fotográficas, texturas de iluminación o de detalle, cambian las características de un modelo que busca el menor número de archivos para su procesamiento en tiempo real.

En esta disposición de aplicar información sobre la superficie del objeto surge la necesidad de estructurar los mapas que se aplican sobre ella. Entendiendo que complementando a los ejes X, Y, Z, que son las coordenadas del objeto 3D en el espacio del modelo, están las coordenadas U, V, W de la transformación del objeto, adicionando información en dos dimensiones a la superficie de este.

El proceso de organizar esta información U, V, W se consideran técnicas de mapeado, usadas en geometrías complejas, ya que las platónicas, solidas, primitivas o formas regulares, pueden tener mapas proyectados automáticamente gracias a parámetros preestablecidos. Esta técnica de reorganización de información, es aplicada por cara y no por vértice, esto significa que un mismo vértice puede tener coordenadas UV separadas para cada polígono, en el que sus polígonos adyacentes pueden dividirse y posicionarse en diferentes partes del mapa, permitiendo un mayor aprovechamiento del espacio del mapa, evitando no desperdiciar memoria en espacios vacíos en el mapa de UV.

De este aprovechamiento del espacio del mapa depende la división o adición de determinadas mallas, manteniendo una escala uniforme entre elementos del mismo material y en los casos que no se logra, la malla tiene que subdividirse, reordenando sus mapas de UV, manteniendo la proporcionalidad en cuanto al área de superficie entre ellas.

También se aplican otros mapas para aumentar el realismo del modelo⁷, como con el falso relieve (bumpmap), que permite aparentar un mayor detalle, mediante una técnica de iluminación en el renderizado en tiempo real, sin modificar la superficie de la malla y el proceso de renderizar la iluminación a la textura, que permite aplicar cálculos de iluminación complejos y ejecutarlos como una textura, reduciendo el procesamiento por iluminación en tiempo real.

Por último el modelo se exporta cumpliendo las características de la plataforma Quest 3d, en la que se ejecutará, siendo el formato de exportación del nuevo estándar de intercambio, collada, como polígonos triangulares, y las imágenes de la iluminación y los materiales en formato jpg en proporción de 1024x1024 pixels.

3. Realidad aumentada

Dentro de este módulo el usuario puede observar sobre una escena de realidad aumentada aquellos elementos del entorno de interés, que pueden pasar desapercibidos habitualmente, tanto de interés artístico como práctico, para desarrollar su visita.

⁷ Término que hace referencia a una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un modelo 3D en tiempo real.

Se compone de cinco partes: el motor gráfico⁸ que permite la visualización en tiempo real del modelo 3d y su interacción con los periféricos; un portátil que se encarga de gestionar la información en local, unas gafas que hacen el papel de monitores y un sensor que da la posición espacial entre el mundo real al virtual, una cámara web que permite visualizar el mundo real en las gafas para poderlo combinar con el modelo 3d.

La interacción del usuario con la información se realizará mediante la orientación del punto de vista para visualizar y seleccionar la información sobre los elementos de interés, en el que se sobrepone imágenes virtuales sobre una imagen real, a través de la captura de cámara web sobre un plano en el modelo 3d en forma de textura. Las acciones sobre las etiquetas inteligentes se ejecutan cuando el usuario fija el punto de vista en un tiempo determinado, de esta forma se muestran fichas informativas y/o videos con información multimedia.

Actualmente existen una serie de motores gráficos que permiten este tipo de visualizaciones. La industria de los videojuegos ha tenido un desarrollo importante de los mismos en los últimos años, y se destaca algunos gratuitos como Unity o Shiva3D y otros con precios accesibles como Quest3D. Este proyecto eligió Quest3D como motor por su fácil interacción y capacidad de integrarse con paquetes libres como VRPN9 (Red de Periféricos para Realidad Virtual).

Motor gráfico: Quest 3d

Quest3D es un programa bastante intuitivo en el que la programación de acciones se desarrolla conectando componentes funcionales, denominadas "Channels". Los "Channels" vinculados componen una estructura de árbol, que representa la estructura del programa que se implementa. El árbol de cajas se ejecuta por completo una vez, invocando a cada "channel" obteniendo como resultado una aplicación 3D en tiempo real. De esta manera todos los elementos se vuelven cajas que se relacionan unas con otras. Como no existe fase de compilación, el rendimiento de las aplicaciones es el mismo durante la fase de diseño que durante la fase de ejecución, característica que es muy valorada al estar desarrollando aplicaciones en tiempo real.

Las aplicaciones realizadas en Quest 3d pueden ser posteriormente publicadas en diferentes formatos, para permitir su visualización a través de diferentes medios. Ejemplos: Fichero ejecutable "standalone" y visor WEB basado en control ActiveX de Microsoft.

La interacción con dispositivos físicos se puede realiza a través de un servidor VRPN. Es un conjunto de clases dentro de una biblioteca y un conjunto de servidores que están diseñados para implementar una interfaz de red transparente entre la aplicación y el conjunto de dispositivos físicos (sensor, cámara web, etc) utilizados en el sistema de realidad virtual. VRPN proporciona las conexiones entre la aplicación y todos los dispositivos que utilizan la clase apropiada de servicio para cada tipo de dispositivo de distribución de este enlace. La aplicación sigue siendo consciente de la topología de red, por lo que es posible utilizarlo con dispositivos que están conectados directamente al ordenador en la que la aplicación se ejecuta, ya sea mediante programas de control separados o cuando se ejecutan como un solo programa.

VRPN también proporciona una capa de abstracción que hace que todos los dispositivos de la misma clase base tengan el mismo aspecto, por ejemplo, todos los dispositivos de seguimiento parecen que son de tipo vrpn_Tracker. Esto significa que todos los seguidores de producir los mismos tipos de informes. Al mismo tiempo, es posible que una aplicación que requiere acceso a las funciones especializadas de un dispositivo de seguimiento determinado (por ejemplo, decirle a un cierto tipo de seguimiento de la frecuencia con la generación de informes), para derivar una clase que se comunica con este tipo de

⁸ ÖHRN, Tina: Different Mapping Techniques for Realistic Surfaces, tesis, Department of Mathematics, Natural and Computer Science, 2008.

⁹ <http://www.cs.unc.edu/Research/vrpn/>

rastreador. Si esta clase especializada se utiliza con un rastreador que no entendía cómo establecer su tasa de actualización, los comandos especializados serían ignorados por ese tracker. Los tipos de sistemas actuales son analógicos, Button, Dial, ForceDevice, sonido, texto, y Tracker. Cada uno de estos un conjunto abstracto de la semántica de un determinado tipo de dispositivo. Hay uno o más servidores para cada tipo de dispositivo, y una clase de cliente para leer los valores desde el dispositivo y el control de su funcionamiento. Esta programación fue desarrollada por los socios del proyecto Labein Tecnalia para incluirse en el programa como una caja y facilitar las distintas programaciones necesarias.

Entre las características más importantes de este software, se encuentra; la metodología de programación que utiliza de forma diferente los lenguajes usuales de programación existentes, como por ejemplo el C++. El entorno de desarrollo de Quest3d es casi enteramente de manera visual. Otra de su característica más importante, es que permite al programador modificar la aplicación mientras esta se está ejecutando, lo que significa que no existe compilación de código como en los entornos de programación habituales. Que acepta como archivo de intercambio el formato COLLADA, ampliamente usado por la mayoría de los programas de generación de modelos 3d sin pérdida de información de los mapas UV, cámaras y animaciones, y que utiliza como motor de renderizado DirectX lo que limita su visualización a entornos únicamente de Windows.

4. Realidad virtual Estereoscópica

Dentro de este módulo el usuario puede observar modelos virtuales 3D estereoscópicos tanto del edificio del museo en sus diferentes etapas como de la Galera. Además este módulo ofrece la posibilidad de visualizar rutas predefinidas dentro del museo dando un grado más de libertad al usuario.

La interacción del usuario con la información de este módulo se realizará mediante la orientación del punto de vista para navegar por los diferentes modelos 3D. La selección de los modelos se realiza de nuevo de manera automática mediante un control temporal. Primero se presentará el modelo 3D del museo, tal y como está en la actualidad. Posteriormente se inicia una ruta a través del habitáculo de la galera, cambiando el modelo 3D al modelo que representa cómo se encontraba el museo en su época como astillero. Posteriormente y siguiendo con la ruta a través del habitáculo, se muestra la Galera completa en su máximo esplendor.

Al estar calibrada la posición de las gafas con el entorno real mediante el sensor, permite la visualización de la réplica digital en su sitio con 9 grados de libertad. En esta experiencia, se realizan recorridos alrededor de objetos en puntos de vista que solo es posible en entornos virtuales. También es posible mostrar reproducciones históricas como la Galera Real sin el edificio (figura 6), con remos, mástiles y velas, o mostrar el caso inverso la Nave Central sin la Galera Real con su antigua arcada.

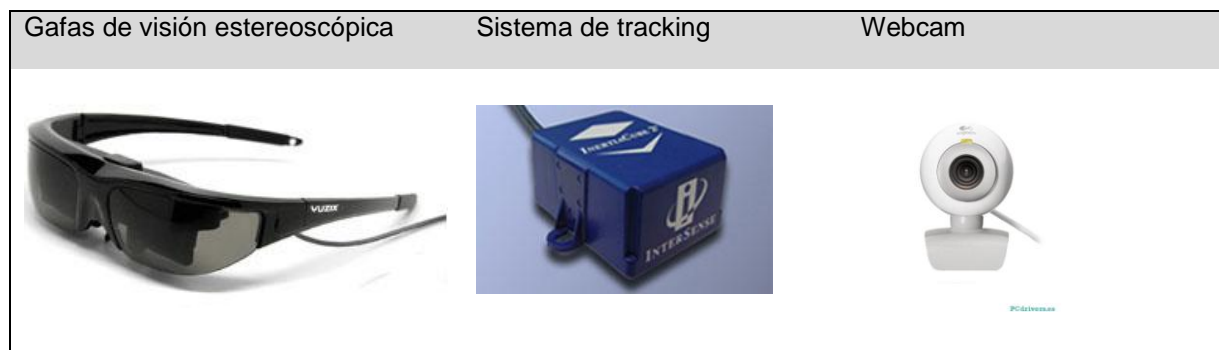
Figura 6. Galera y edificio, Galera completa



Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

La interfaz de usuario es la componente que permite al usuario comunicarse con el demostrador. Al tratarse de una aplicación dirigida al gran público, la interfaz de usuario debe ser atractiva, fácil de utilizar, inteligible y dinámica, ya que será el intermediario entre el usuario y la aplicación 3D interactiva que se estará ejecutando en un PC. La figura 7 muestra los principales elementos que la componen.

Figura 7. Esquema de los componentes del interfaz de usuario



Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

Gafas de visión estereoscópicas

Hoy en día la visualización de imágenes digitales se realiza normalmente en pantallas tradicionales, en donde un usuario puede ver diversas imágenes a distancias entre 50cm y 2m, en pantallas de 10" a 55" pulgadas. La desventaja de estos sistemas es que el usuario no puede mover el dispositivo con libertad por su peso y tamaño. La solución planteada se basa en un sistema que le permita al usuario contar con la mayor superficie de visualización en el menor tamaño posible de manera portátil.

Las gafas seleccionadas abordan dichas limitaciones, proporcionando información legible de pantalla grande y alta calidad de imagen en un pequeño dispositivo. Las gafas Vuzix Wrap 920 ofrecen una resolución de 752x480 a 60 fotogramas por segundo que pueden ser vistas en forma estereoscópica, se conectan a través de un cable VGA de forma directa al portátil y usan un cable de USB 2 como alimentación de energía.

La información de la cámara web montada sobre las gafas es la que permite ver y experimentar realidad mixta y aumentada a través de la plataforma de Quest, cumpliendo con la resolución de las gafas.

Por último, para la implementación del tracking en el módulo, se ha seleccionado un multisensor de la casa Intersense, modelo InertiaCube2+. Contiene nueve sensores miniatura, que utilizan algoritmos de filtrado avanzado para producir un total de 360° sin origen de seguimiento de la orientación del sensor. Destaca por tamaño y portabilidad, conexión directa, la predicción de movimiento, la sensibilidad de giro ajustable y control de datos de salida de filtrado permite la fina regulación para aplicaciones específicas.

Webcam

La información de la cámara web montada sobre las gafas es la que permite ver y experimentar realidad mixta y aumentada a través de la plataforma de Quest, cumpliendo con la resolución de las gafas.

La interfaz de usuario (GUI) del demostrador consta de los siguientes elementos principales:

Ventana de Visualización: Es la ventana principal de la aplicación. Sobre ella se muestra la información digital y la información real capturada por la cámara en el bloque de información de realidad aumentada. Esta ventana se presenta en pantalla completa.

Ficha descriptiva: Se denomina ficha descriptiva a un contenido multimedia que se presenta en el centro de la pantalla que contiene información de utilidad para el usuario.

Temporizador: Animación que representa el tiempo restante dentro de cada módulo.

Punto de Mira: Elemento fijo sobre el centro de la ventana de visualización. Representa la interacción del usuario con el sistema mediante la selección de los elementos sobre los que el usuario centra su atención visual. Se utiliza en el módulo de Realidad aumentada

4. Visualización Panorámica

Dentro de este módulo el usuario puede observar detalles del entorno de la posición en la que se encuentra dentro del museo. La visualización de estos detalles se consigue mediante la presentación de una imagen panorámica de alta resolución. Esta imagen contendrá un alto grado de detalle y permitirá al usuario acercar información inaccesible debido a su localización.

Figura 8. Detalle del zoom en panorama



Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de La Ciudad. Universidad Politécnica de Cataluña.

Visualización de panoramas de alta resolución: la visualización sobre zonas determinadas del panorama permite acercamientos a detalles que de manera natural no serían posibles. La interactividad aprovecha la información del sensor de movimiento y el tiempo, para que se ejecute las acciones, eliminando el uso de un control manual. Estos entornos digitales permiten así mismo, controlar los problemas ocasionados por los grandes contrastes de luz, que se dan en edificios patrimoniales cuyo programa arquitectónico no tenía como finalidad ser espacios expositivos. El panorama se genera en forma cúbica para minimizar los problemas de ejecución en el motor gráfico en resoluciones de 2024x2024 pixels.

La interacción del usuario con la información de este módulo se realizará mediante la orientación del punto de vista para seleccionar el detalle de interés y la realización de zoom sobre el detalle se llevará a cabo cuando el usuario centre su atención en un punto durante un par de segundos.

5. Conclusiones y trabajo futuro

El desarrollo del módulo de realidad virtual y aumentada ha permitido probar distintas tecnologías disponibles, sin grandes inversiones en un dispositivo fácilmente transportable capaz de interpolarse en cualquier otro entorno de carácter patrimonial. En la metodología propuesta para la elaboración de este módulo podemos destacar la elección del escáner láser se presenta como la mejor herramienta para un levantamiento rápido y preciso de un edificio complejo, aunque es necesario la generación de información tradicional: plantas, secciones y alzados para la creación de un archivo 3D de polígonos con el menor número posible de superficies. Resulta imposible reducir en tiempos razonables modelos poligonales provenientes del escáner láser en modelos poligonales útiles. Dada la cantidad de información que registran, existe un proceso de reducción de esta a través de procesos de filtrado, generando una base fiable, sobre la cual se procedió a construir un modelo interpretado, que utilizó el mínimo número de polígonos dadas las exigencias del proyecto y al mismo tiempo conservando un alto grado de precisión respecto al edificio original.

En el apartado de la construcción del modelo con el menor número de polígonos se entiende que la estructura en la generación de dicho modelo es un aspecto a profundizar, a pesar de existir archivos de intercambio válidos como COLLADA, el esfuerzo de cambios entre programas es un tema por resolver que se facilita de acuerdo a la estructura planteada. Esta estructura también facilita la aplicación de texturas y la generación de mapas UV para la iluminación. La simplificación del modelo tiene un impacto directo en la ejecución de la aplicación en tiempo real.

Aunque Quest 3d es una aplicación fácil de usar y programar, puede ser fácilmente substituida por una aplicación con características similares, la integración con dispositivos físicos resulta uno de los temas más importantes a tener resueltos. El uso de gafas con pantalla incluida, cámara web y el sensor se presenta como una herramienta fácil de usar, y como un instrumento natural para la integración de modelos virtuales con modelos reales. Permiten una visualización en la que todos los parámetros pueden controlarse, además de ofrecer una visualización en estero en una pantalla de mayor tamaño comparada con los dispositivos móviles

Debido a la complejidad que presentan la interacción entre plataformas, trabajando con el software Quest 3d en la construcción del demostrador y su coste, se plantea profundizar en este proyecto desde la plataforma Unity 3D, la cual integra en la construcción del modelo geométrico con el interactivo, permitiendo la modificación del modelo sin tener que exportar o reimportarlo, lo cual tiene grandes ventajas en un proyecto en el cual el modelo cambia en la medida que el proyecto evoluciona y se torna más complejo. Esta plataforma es de uso gratuito y permite trabajar con otros sistemas operativos diferentes a Windows, permitiendo ampliar el horizonte de dispositivos móviles y táctiles sobre la cual puede funcionar el demostrador.

Bibliografía.

BOEHLER, Wolfgang. Investigating Laser Scanner Accuracy. En: Sixth Cipa Symposium, (2003, Antalya, Turquía). pp. 189-195.

CIGNONI, Paolo, **MONTANI**, Claudio, **SCOPIGNO**, Roberto. A Comparison of Mesh Simplification Algorithms, Computer and Graphics, Vol 22, No. 1, Pisa, 1998. pp. 37-54.

ÖHRN, Tina. Different Mapping Techniques for Realistic Surfaces. Director: Sharon A Lazenby, Tesis del Department of Mathematics, Natural and Computer Science, University of Gävle, Gävle, Sweden. 2008. pp. 6-13.

ROCA Josep, **MARAMBIO**, Alejandro. Modelos digitales de Nubes de puntos de La Habana Vieja, Cuba. En: Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual (3er, 2006, Bilbao, España). Trabajos. Barcelona, España. Centro de Política de Suelo y Valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña, 2006. pp 1-7. Condiciones Generales

VOSSELMAN, George **MAAS**, Hans-Gerd, Airborne and Terrestrial Laser Scanning, Whittles Publishing, Latvia, 2010. Pp. 182-186 ISBN 978-1904445-87-6